

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 1 215 370 A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
19.06.2002 Bulletin 2002/25

(51) Int Cl.7: F01L 9/04, H01F 7/16

(21) Numéro de dépôt: 01403274.2

(22) Date de dépôt: 17.12.2001

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Etats d'extension désignés:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: 15.12.2000 FR 0016374  
15.12.2000 FR 0016376

(71) Demandeur: Renault  
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(72) Inventeurs:  
• Agneray, André  
92100 Boulogne Billancourt (FR)  
• Barbet, Frédéric  
78610 Le Perray en Yvelines (FR)  
• Bonzano, Giorgio  
10015 Ivrea (IT)  
• Vannier, Jean Claude  
91192 Gif sur Yvette (FR)  
• Vidal, Pierre  
91192 Gif sur Yvette (FR)

(54) Dispositif d'entraînement linéaire d'une soupape au moyen d'aimants mobiles

(57) Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon un axe de déplacement A, notamment pour l'entraînement d'une soupape d'un moteur à combustion interne, du type comportant une partie fixe (115) délimitant au moins une zone de passage dans laquelle une partie mobile (116) est guidée en coulissement depuis une position extrême haute vers une position extrême basse, caractérisé en ce que la partie mobile (116) comporte au moins un aimant permanent, l'axe d'attraction magnétique dudit aimant permanent étant sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, et en ce que la partie fixe (115) comporte au moins deux modules d'entraînement (120, 130) pouvant créer chacun un champ magnétique d'intensité variable selon une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A dans au moins une partie de la zone de passage, ladite partie mobile (116) étant adaptée pour coulisser dans la zone de passage sous l'action d'une force magnétique, d'attraction ou de répulsion, issue de l'interaction entre le champ magnétique créé par l'aimant permanent, et les champs magnétiques créés par les modules d'entraînement (120, 130), ladite force ayant sensiblement comme direction l'axe de déplacement A, son sens et son amplitude dépendant des sens et amplitudes des champs magnétiques créés par les modules d'entraînement (120, 130).

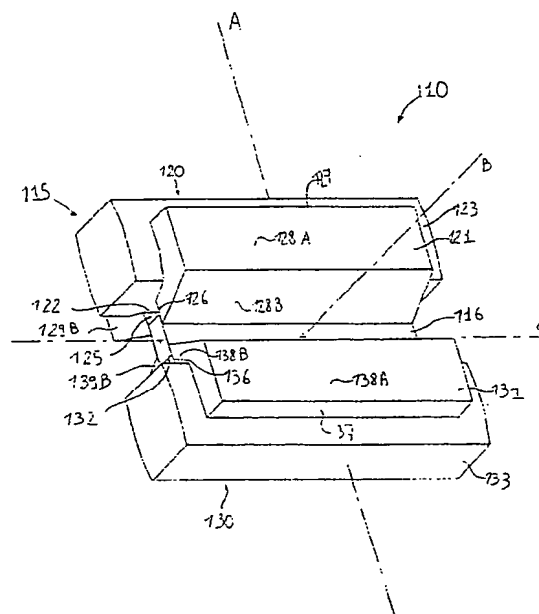


FIG. 1

EP 1 215 370 A1

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un dispositif d'entraînement linéaire.

**[0002]** Plus particulièrement, elle concerne un dispositif d'entraînement linéaire selon un axe de déplacement A, notamment pour l'entraînement d'une soupape d'un moteur à combustion interne, du type comportant une partie fixe délimitant au moins une zone de passage dans laquelle une partie mobile est guidée en coulissement depuis une position extrême haute vers une position extrême basse.

**[0003]** Pour satisfaire les normes de dépollution et pour réduire la consommation des moteurs à combustion interne, les constructeurs automobiles ont développés des moteurs dans lesquels les soupapes sont commandées individuellement par des actionneurs électromagnétiques, par exemple du type décrit dans le document WO-A-96/19643.

**[0004]** Généralement, les actionneurs électromagnétiques de soupapes comportent deux ressorts, un ressort de soupape et un ressort d'actionneur.

**[0005]** Le corps de ce type d'actionneur renferme deux électro-aimants supérieur et inférieur qui sont susceptibles d'agir sur une palette mobile qui est montée sur l'extrémité de la tige de soupape. La palette mobile vient se coller alternativement sur les électro-aimants supérieur ou inférieur lorsque l'on commande respectivement la fermeture ou l'ouverture de la soupape.

**[0006]** La disposition des deux électro-aimants implique que, au repos et sous l'action des ressorts, la soupape reste ouverte en position d'équilibre à mi-course.

**[0007]** Par conséquent, pour maintenir la soupape dans sa position extrême haute de fermeture ou dans sa position extrême basse d'ouverture, il est nécessaire d'alimenter l'actionneur en courant électrique. En outre, si les électroaimants ne sont plus alimentés, suite, par exemple, à un défaut de fonctionnement de l'actionneur, la soupape ne vient se positionner dans a position haute extrême, correspondant à une soupape fermée. Il peut, dans ce cas, se produire un choc entre la soupape et le piston lors de la remontée de celui-ci dans le cylindre.

**[0008]** De plus, ce type d'actionneur ne permet une levée partielle de la soupape et encore moins une levée de vitesse continûment variable.

**[0009]** Pour vaincre les fortes pressions régnant dans le cylindre associé à la soupape, notamment pour l'ouverture de la soupape d'échappement, les actionneurs électromagnétiques connus nécessitent une très grande quantité d'énergie, ce qui implique une consommation importante de courant. Or, actuellement, les véhicules ne disposent pas de source de courant suffisante en regard de la consommation des actionneurs.

**[0010]** Un autre inconvénient des actionneurs électromagnétiques connus est que l'énergie qu'ils consomment n'est récupérée que par la compression des ressorts et cette énergie est difficile à maîtriser.

**[0011]** Les ressorts, qui doivent être étalonnés de ma-

nière précise, provoquent des chocs et donc des contraintes supplémentaires sur les actionneurs, ainsi qu'une usure prématurée des actionneurs.

**[0012]** Le poids et l'encombrement des actionneurs électromagnétiques connus sont aussi des inconvénients qui pénalisent l'intégration des ces systèmes aux moteurs des véhicules actuels.

**[0013]** Le fonctionnement des actionneurs électromagnétiques actuels est enfin très sensible aux dispersions de dimensions des éléments de l'actionneur. Si la palette mobile n'est pas correctement dimensionnée, elle se décale par rapport aux électro-aimants ce qui provoque des frottements supplémentaires, car la palette mobile se trouve « de travers » par rapport aux électro-aimants. Il est alors nécessaire de prévoir des bobines d'électro-aimants de fortes puissances pour permettre un bon fonctionnement de l'actionneur.

**[0014]** La présente invention vise à remédier à ces inconvénients.

**[0015]** Dans ce but, elle propose un dispositif d'entraînement linéaire dans lequel la partie mobile comporte au moins un aimant permanent, l'axe d'attraction magnétique dudit aimant permanent étant sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, et la partie fixe comporte au moins deux modules d'entraînement pouvant créer chacun un champ magnétique d'intensité variable selon une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A dans au moins une partie de la zone de passage, ladite partie mobile étant adaptée pour coulisser dans la zone de passage sous l'action d'une force magnétique, d'attraction ou de répulsion, issue de l'interaction entre le champ magnétique créé par l'aimant permanent, et les champs magnétiques créés par les modules d'entraînement, ladite force ayant sensiblement comme direction l'axe de déplacement A, son sens et son amplitude dépendant des sens et amplitudes des champs magnétiques créés par les modules d'entraînement.

**[0016]** D'autres caractéristiques secondaires de l'invention correspondent aux revendications secondaires 2 à 21.

**[0017]** D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre en référence aux dessins dans lesquels :

- la figure 1 représente une vue en perspective avec arrachement d'un dispositif d'entraînement linéaire de soupape de moteur à combustion interne qui est réalisé conformément aux enseignements de l'invention,
- la figure 2 est une vue en coupe par un plan vertical et transversal du dispositif de la figure 1,
- la figure 3 est une vue en coupe du dispositif selon un second mode de réalisation de l'invention,
- la figure 4 est une section de la figure 3 ou seuls

certaines éléments du dispositif sont représentés

- la figure 5 représente une vue en perspective avec arrachement d'un dispositif d'entraînement linéaire de soupape de moteur à combustion interne selon un deuxième mode de réalisation,
- la figure 6 est une vue en coupe par un plan vertical et transversal du dispositif de la figure 5.

**[0018]** Dans la suite de la description, les éléments identiques ou similaires porteront des références identiques.

**[0019]** On définira arbitrairement une orientation verticale de haut en bas suivant l'axe de déplacement, noté A, et conformément à la figure 1.

**[0020]** On note que l'orientation verticale de l'axe de déplacement A n'est pas nécessaire au fonctionnement du dispositif d'entraînement 110 selon l'invention. L'axe de déplacement A pourrait par exemple être horizontal, donc perpendiculaire à l'orientation de la gravité terrestre.

**[0021]** On a représenté aux figures 1 et 2 un dispositif d'entraînement linéaire 10, suivant un axe de déplacement A. Le dispositif d'entraînement 110 comporte une partie fixe 115 qui délimite une fente verticale, dans laquelle une partie mobile 116 est guidée en coulissement vertical par des moyens de guidage connus (non représentés), entre une position extrême haute et une position extrême basse.

**[0022]** La partie mobile 116 se compose d'un aimant permanent. De préférence, la partie mobile 116 est composée, au moins en partie, d'un aimant en terre rare du type NdFeB formant une plaque parallélépipédique ayant un plan de symétrie contenant l'axe vertical de déplacement A et contenant un axe longitudinal C qui est sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, et qui s'étend selon la plus grande direction de la partie mobile 116.

**[0023]** L'axe longitudinal C est ici perpendiculaire au plan de la figure 2. L'axe transversal B est comme étant perpendiculaire à l'axe C et l'axe A. L'axe transversal B constitue l'axe de magnétisation de l'aimant permanent constituant la partie mobile 116. Le sens de la magnétisation n'a pas d'importance, le dispositif 110 selon l'invention étant supposé sensiblement symétrique. L'aimant permanent peut être, soit plein, soit fritté, pour réduire l'influence des courants de Foucault dans celui-ci.

**[0024]** La partie fixe 115 se compose de deux modules d'entraînement indépendants 120, 130, un module d'entraînement supérieur 120 situé sur la partie mobile 116, selon l'axe de déplacement A, et un module d'entraînement inférieur 130, situé sous la partie mobile 116, selon l'axe de déplacement A. Chaque module d'entraînement 120, 130 comprend un conducteur de champ 121, 131. De préférence, le plan défini par l'axe de déplacement A et l'axe longitudinal C est plan de symétrie

des conducteurs de champ 121, 131.

**[0025]** Le conducteur de champ 121, 131 a sensiblement la forme d'un « C », c'est-à-dire qu'il est constitué d'une base 127, 137, de forme sensiblement parallélépipédique, de laquelle se projettent en saillie à deux bords opposés, deux bras qui sont constitués par une partie droite 128A, 129A, 138A, 139A qui s'étend sensiblement selon l'axe de déplacement A, puis par une partie inclinée 128B, 129B, 138B, 139B qui s'étend en direction de la partie inclinée 128B, 129B, 138B, 139B du bras opposé du même conducteur de champ 121, 131. Les deux parties inclinées 128B, 129B, 138B, 139B se referment l'une sur l'autre par des surfaces d'extrémités 125, 135, 126, 136 en vis-à-vis qui délimitent un entrefer 122, 132. Les deux entrefers 22, 132 constituent la fente dans laquelle se déplace la partie mobile 116.

**[0026]** Chaque circuit magnétique 121, 131 est équipé d'une bobine 123, 133. Les bobines 123, 133 sont constituées d'enroulements de fils électriques autour de la base 127, 137 des conducteurs de champ 121, 131. Les enroulements forment des spires qui sont globalement parallèles au plan formé par l'axe de déplacement A et l'axe longitudinal C.

**[0027]** Le dispositif 110 selon l'invention est destiné à entraîner une soupape non représentée. La partie mobile 116 est reliée à la soupape par des moyens d'accroche et de guidage non représentés, de telle sorte que la soupape s'étende selon l'axe de déplacement A de la partie mobile 116 et suive les déplacements de la partie mobile 106 selon l'axe de déplacement A. La liaison entre la partie mobile 116 et la soupape autorise de préférence la libre rotation de la soupape autour de l'axe A. Les moyens d'accroche est de guidage ont de préférence la forme d'un étrier de façon à ne pas percer une bobine 133 ou un conducteur de champ 131, et se composent d'un matériau non magnétique pour ne pas perturber le fonctionnement du dispositif 110.

**[0028]** Lorsqu'une bobine 123, 133 est traversée par un courant, il se forme dans l'entrefer 122, 132 du module d'entraînement 120, 130 contenant cette bobine 123, 133 un champ magnétique orienté sensiblement selon la direction B.

**[0029]** Chaque module d'entraînement 120, 130 peut créer une force, soit d'attraction, soit de répulsion, sur la partie mobile 116 qui provient de l'interaction du champ magnétique issu du module d'entraînement 120, 130 et de celui issu de la partie mobile 116.

**[0030]** Sous l'effet de l'attraction magnétique des modules d'entraînement 120, 130, exercée par le champ magnétique régnant dans l'entrefer 122, 132, sur l'aimant permanent formant la partie mobile 116, celle-ci peut venir se déplacer depuis la position extrême haute jusqu'à la position extrême basse. La partie mobile 116 est attirée dans un entrefer 122, 132 lorsque le courant traversant les bobines 123, 133 crée un champ magnétique dans l'entrefer 122, 132 de même sens que celui de l'aimant permanent formant partie mobile 116,

et est repoussé hors de l'entrefer 122, 132 lorsque le courant traversant les bobines 123, 133 crée un champ magnétique dans l'entrefer 122, 132 de sens opposé à celui de l'aimant permanent formant partie mobile 116.

**[0031]** En l'absence de courant traversant les bobines 123, 133 la partie mobile 116 est également soumise à une force de la part de chaque module d'entraînement 120, 130 qui tend à la placer de façon à fermer le circuit magnétique associé au module d'entraînement 120, 130. Si les deux modules d'entraînement 120, 130 sont sensiblement identiques, il y a trois positions d'équilibre pour la partie mobile 116 en l'absence de courant traversant les bobines 123, 133 : deux positions d'équilibre stables pour lesquelles la partie mobile est « avalée » par l'un des modules d'entraînement (positions qui correspondent sensiblement à la position extrême haute et la position extrême basse) et une position d'équilibre instable où la partie mobile 116 est à équidistance de chaque module d'entraînement 120, 130.

**[0032]** Les conducteurs de champ 121, 131 des modules d'entraînement 120, 130 ne sont ouverts qu'à un seul endroit, à savoir au niveau de l'entrefer 122, 132 de façon à optimiser la concentration de champ magnétique dans l'entrefer 122, 132 et de réduire les fuites magnétiques. Ils sont constitués par un matériau ferromagnétique plein ou fritté, ou composé de tôles ferromagnétiques empilées pour limiter l'effet des courants de Foucault.

**[0033]** Les conducteurs de champ 121, 131 sont définis par les données géométriques suivantes :

- la hauteur  $h$ , selon l'axe de déplacement A, des surfaces d'extrémités 125, 135, 126, 136 en vis-à-vis qui délimitent l'entrefer 122, 132.
- la surface  $S_1$  d'une section droite de la base la base 127, 137,
- la surface  $S_2$  moyenne d'une section droite de la partie droite 128A, 129A, 138A, 139A,
- la distance maximale  $L$  séparant les parties droites 128A, 129A, 138A, 139A, cette distance correspondant sensiblement à la largeur des bobines 123, 133,
- la profondeur  $prof$ , selon l'axe longitudinal C, de la base 127, 137,

**[0034]** La position relative entre les deux conducteurs de champ 121, 131 est paramétrée par les données suivantes :

- la distance  $d_1$  minimale, selon l'axe de déplacement A, qui sépare une partie inclinées 128B, 129B, 138B, 139B d'un conducteur de champ 121, 131 de la partie inclinée 128B, 129B, 138B, 139B de l'autre conducteur de champ 121, 131 qui lui est en vis-à-vis,

- la distance  $d_2$  maximale, selon l'axe de déplacement A, qui sépare une partie inclinées 128B, 129B, 138B, 139B d'un conducteur de champ 121, 131 de la partie inclinée 128B, 129B, 138B, 139B de l'autre conducteur de champ 121, 131 qui lui est en vis-à-vis.

**[0035]** De préférence, la hauteur  $h$  est sensiblement égale à la course de la partie mobile 116.

**[0036]** La géométrie et les positions relatives des deux modules d'entraînement 120, 130 sont des paramètres influant sur la quantité d'énergie magnétique dont le dispositif 110 peut disposer, ainsi que des forces d'attraction et de répulsion maximales pouvant être délivrées. Une autre dimension importante est l'épaisseur  $e$ , selon l'axe longitudinal B, de la partie mobile 116.

**[0037]** En effet, la force délivrée par le dispositif 110 est directement proportionnelle à l'épaisseur  $e$  de la partie mobile. Plus cette épaisseur est importante, plus la partie mobile 116 dispose d'énergie. De plus, la partie mobile 116 se désaimante moins facilement si son épaisseur  $e$  est importante, ce qui permet d'augmenter l'intensité maximale des courants pouvant circuler dans les bobines 123, 133, et ainsi, des forces mises en jeu.

**[0038]** D'autres paramètres dimensionnants sont les distances  $d_1$  et  $d_2$  séparant les deux conducteurs de champ 121, 131. En effet, les deux modules d'entraînement 120, 130 interagissent entre eux. Cette interaction est amplifiée, à distance constante entre les deux modules d'entraînement 120, 130, par le niveau de saturations dans les conducteurs de champ 121, 131, ce niveau dépendant en partie des valeurs des surfaces  $S_2$ ,  $S_1$ , et des surfaces 125, 126, 135, 136.

**[0039]** Il apparaît que le rapport  $e/d_1$  définit les performances du dispositif 110 à encombrement constant et les fuites locales au niveau des entrefers 122, 132. Le rapport  $e/d_2$ , le rapport  $e/d_1$  étant fixé, définit l'inclinaison de la partie inclinée 128B, 129B, 138B, 139B qui conduit le flux magnétique dans l'entrefer 122, 132, et donc les fuites entre les deux conducteurs de champ 121, 131.

**[0040]** Ces rapports sont optimisés de façon à ce que la réluctance entre les conducteurs de champs 121, 131 soit faible devant la réluctance devant les entrefers 122, 132.

**[0041]** Les bobines 123, 133 des modules d'entraînement 120, 130 peuvent être pilotées indépendamment pour optimiser au maximum la consommation d'énergie électrique, car lorsqu'un module d'entraînement 120, 130 exerce une force d'attraction sur la partie mobile 116, la limitation de l'intensité du courant traversant la bobine 123, 133 associée à ce module d'entraînement 120, 130, provient de la saturation des bras du conducteur de champ 121, 131 qui conduisent le flux dans l'entrefer 122, 132, tandis que lorsqu'un module d'entraînement 120, 130 exerce une force de répulsion sur la partie mobile 116, la limitation de l'intensité du courant traversant la bobine 123, 133 associée à ce module d'en-

entraînement 120, 130 provient de la démagnétisation de la partie mobile 116. Les deux bobines 123, 133 des modules d'entraînement 120, 130 peuvent être mises en série et pilotées en même temps. On prend alors comme limite d'intensité du courant traversant les bobines 123, 133, l'intensité entraînant la démagnétisation de la partie mobile 116.

**[0042]** La largeur  $L$  des bobines 123, 133 doit être suffisamment importante pour éviter les flux de fuite à l'intérieur du cuivre composant les fils des bobines 123, 133.

**[0043]** La force globale exercée par un module d'entraînement 120, 130 sur la partie mobile 116 est proportionnelle à la profondeur *prof* du conducteur de champ 121, 131.

**[0044]** Il est possible, avec le dispositif 110 selon l'invention, de moduler la force globale exercée sur la partie mobile 116, et par conséquent sur la soupape, de façon à créer une accélération positive de la soupape, ou bien une accélération négative pour la freiner. Il est possible de moduler l'amplitude de la force globale s'appliquant sur la partie mobile 116 et en inverser le sens à tout moment. Il est en outre possible de bloquer la partie mobile 116 à n'importe quelle position de sa course.

**[0045]** Il est finalement possible de rappeler la partie mobile 116 dans la position extrême haute en l'absence de courant traversant les bobines 123, 133, de façon à ce que la soupape soit dans une position fermée en l'absence de courant traversant les bobines 123, 133, et ainsi qu'elle ne puisse entrer en contact avec le piston, par exemple. Pour ce faire, il suffit de créer une dissymétrie entre les forces résultantes appliquées par les modules d'entraînement 120, 130 sur la partie mobile 116 en l'absence de courant traversant les bobines 123, 133. Par exemple, en augmentant la largeur de l'entrefer 132 du module d'entraînement inférieur 130, la force, en l'absence de courant, issue du module d'entraînement supérieure 120 sera d'amplitude plus importante que celle du module d'entraînement inférieur 130, et l'on obtiendra une force globale sans courant d'amplitude sensiblement constante qui s'applique sur la partie mobile 116 pour la rappeler en position haute.

**[0046]** Ainsi, lors d'un fonctionnement normale du dispositif 110 selon l'invention, la soupape peut être ramenée dans une position fermée, correspondant sensiblement à la position extrême haute de la partie mobile 116, par une force qui est la somme d'une force résiduelle des modules d'entraînement 120, 130 en l'absence de courant, et d'une force, due au passage du courant dans les bobines 123, 133, qui peut être plus ou moins importante suivant le besoin d'étanchéité au niveau du siège de soupape que l'on souhaite obtenir pendant la combustion.

**[0047]** Le blocage de partie mobile 116 dans une position intermédiaire peut être assuré par l'asservissement du courant dans les bobines 123, 133. Une première phase de freinage est alors nécessaire pour arrêter la partie mobile 116 à la position voulue. Ensuite,

une petite quantité d'énergie suffit pour maintenir la partie mobile 116 dans cette position.

**[0048]** Le dispositif 110 selon l'invention peut comporter un capteur de position transmettant aux moyens de pilotage du courant alimentant les bobines, un signal représentatif de la position de la partie mobile 116. Ainsi, le dispositif 110 peut-il fonctionner en boucle d'asservissement fermée afin de contrôler en temps réel la position de la soupape.

**[0049]** Selon une variante de l'invention représentée sur les figures 3 et 4, l'axe de déplacement A est aussi axe de symétrie de révolution pour les modules d'entraînement 120, 130 et la partie mobile 116. Les conducteurs de champ 121, 131 conservent une section droite en C, et les caractéristiques et performances de cette variante sont régies par les mêmes paramètres géométriques que dans le cas précédent, le paramètre *prof* étant remplacé par un paramètre équivalent correspondant au périmètre moyen des conducteurs de champ 121, 131.

**[0050]** La partie mobile 116 se compose dans ce cas d'un cylindre creux. Cette variante est particulièrement avantageuse dans la mesure où elle simplifie grandement le guidage et l'accroche de la soupape. En effet, la tige de la soupape 140 coulisse dans deux paliers 141, 142 et est reliée à la partie mobile 116 par quatre bras 143. Cette architecture autorise, sans l'ajout de moyens supplémentaires, la rotation de la soupape autour de l'axe de déplacement A.

**[0051]** Le fait que le dispositif selon l'invention soit sensiblement symétrique et que l'axe d'aimantation B de la partie mobile soit perpendiculaire à l'axe de déplacement A, fait que le dispositif est moins sensible aux tolérances mécaniques dans les entrefers qu'un système où la partie mobile est une palette. Ainsi, le dispositif selon la présente invention est moins perturbé par des forces transverses (selon l'axe C) qui tendent à provoquer des frottements supplémentaires et donc un guidage plus complexes. De ce fait, l'éventuelle dissymétrie ajoutée pour créer une force constante en l'absence de courant ne vient pas perturber le fonctionnement habituel, avec courant, du dispositif.

**[0052]** Pour une chambre de combustion, il y a généralement deux dispositifs d'entraînement qui sont placés à proximité et qui provoquent, pour des dispositifs d'entraînement habituels, du type à palette mobile, des dissymétries supplémentaires et donc peuvent causer un grippage de la soupape dû aux frottements ajoutés. Dans le cas du présent dispositif, nous avons vu que la les dissymétries sont moins pénalisantes. Il est toutefois possible de placer entre deux dispositifs d'entraînement proches, une plaque de matériau conducteur (par exemple, du cuivre ou de l'aluminium) pour limiter les interactions entre les dispositifs d'entraînement.

**[0053]** L'architecture du dispositif selon l'invention permet d'obtenir une partie mobile de volume réduit, permettant d'avoir une vitesse importante pour une faible masse. Etant donné les coûts élevés de fabrication

d'aimant permanent, l'obtention d'une partie mobile de faible volume réduit considérablement le coût global du dispositif d'entraînement.

**[0054]** Une deuxième variante de réalisation selon l'invention va à présent être décrite en référence aux figures 5 et 6.

**[0055]** Dans cette deuxième variante de réalisation, la partie mobile 16 a la forme d'une plaque sensiblement parallélépipédique qui définit globalement un plan P contenant l'axe vertical de déplacement A et contenant un axe longitudinal C qui est sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A.

**[0056]** L'axe longitudinal C est ici perpendiculaire au plan de la figure 6.

**[0057]** La soupape 11 est fixée à l'extrémité axiale inférieure, suivant l'axe de déplacement A, de la partie mobile 16.

**[0058]** La partie fixe se compose de deux noyaux magnétiques 20, 30, situés de part et d'autre de l'entrefer 17, et qui ont chacun sensiblement la forme d'un E. Chaque noyau 20, 30 comporte une dent supérieure 21, 31, une dent inférieure 22, 32 une dent médiane 23, 33, qui se projettent en saillie depuis une base 27, 37. Chaque dent 21, 31, 22, 32, 23, 33 présentent une première partie parallélépipédique 21A, 31A, 22A, 32A, 23A, 33A, située du côté de la base 27, 37 et une partie formant épanouissement 21B, 31B, 22B, 32B, 23B, 33B, située du côté de l'entrefer 17.

**[0059]** Pour chaque noyau 20, 30, la base 27, 37 et les parties parallélépipédiques 21A, 31A, 22A, 32A de la dent supérieure 21, 31 et inférieure 22, 32 ont sensiblement la même épaisseur, selon l'axe de déplacement A, tandis que la partie parallélépipédique 23A, 33A de la dent médiane 23, 33, présente une épaisseur à peu près double.

**[0060]** A chaque dent 21, 31, 22, 32, 23, 33 est associée une bobine électrique 24, 34, 25, 35, 26, 36. Dans le mode de réalisation représenté ici, chaque bobine électrique 24, 34, 25, 35, 26, 36 est formée d'enroulements de fils électriques autour de chaque dent 21, 31, 22, 32, 23, 33. Les enroulements dorment des spires qui sont globalement parallèles au plan P. Préférentiellement, les bobines électriques 24, 34, 25, 35, 26, 36 sont issues d'un unique bobinage. On commande, dans ce cas l'alimentation, en courant des bobines 24, 34, 25, 35, 26, 36 par l'intermédiaire d'un unique circuit de commande (non représenté).

**[0061]** Il y a alors deux configurations de circulation de courant possible : la première est que, pour chaque noyau 20, 30 lorsque le courant circule dans la bobine électrique 24, 34 associée à la dent supérieure 21, 31 dans le sens trigonométrique (vue de la figure 5), le courant circule dans la bobine 25, 35 associée à la dent inférieure 22, 32 dans le sens trigonométrique, et dans la bobine 26, 36 associée à la dent médiane 23, 33 dans le sens non trigonométrique. La seconde configuration est celle pour laquelle le courant circule dans le sens opposé dans chaque bobine 24, 34, 25, 35, 26, 36 as-

sociée à chaque dent 21, 31, 22, 32, 23, 33 d'un même noyau 20, 30, par rapport à la configuration précédente.

**[0062]** Il apparaît que l'entrefer 17 est essentiellement délimité par une paroi des épanouissements 21B, 31B, 22B, 32B, 23B, 33B.

**[0063]** La partie mobile 16 se compose d'un empilement, selon l'axe de déplacement A, de quatre aimants permanents 40, 41, 42, 43, chaque aimant permanent 40, 41, 42, 43 ayant une forme sensiblement parallélépipédique. Deux aimants principaux 40, 41, situés au centre de la partie mobile 16, ont une hauteur, selon l'axe de déplacement A, environ égale à la moitié de la hauteur d'un noyau magnétique 20, 30. L'aimant principal supérieur 40 est situé en partie haute, tandis que l'aimant principal inférieur 41 est situé en partie basse. Un aimant secondaire supérieur 42 est placé sur l'aimant principal supérieur 40, tandis qu'un aimant secondaire inférieur 43 est placé sous l'aimant principal inférieur 41. Les aimants secondaires 42, 43 ont une hauteur, selon l'axe de déplacement A, égale à la moitié du maximum de la course de la partie mobile 16 entre la position extrême haute et la position extrême basse. La polarité de ces aimants permanents est la suivante. L'aimant principal supérieur 40 a le pôle Nord orienté, sur la figure 6, vers la droite, tandis que l'aimant principal inférieur 41 a le pôle Nord orienté vers la gauche. L'aimant secondaire supérieur 42 a le pôle Nord orienté vers la gauche, tandis que l'aimant secondaire inférieur 43 a le pôle Nord orienté vers la droite.

**[0064]** Sur les figures 5 et 6, la partie mobile 16 est représentée en position extrême haute.

**[0065]** Lorsqu'un courant traverse une bobine électrique 24, 34, 25, 35, 26, 36, on obtient la formation d'une induction magnétique, dans l'entrefer 16, entre les dents 21, 31, 22, 32, 23, 33 des noyaux magnétiques 20, 30 qui sont associées auxdites bobines 24, 34, 25, 35, 26, 36. Une force magnétique, de direction l'axe de déplacement A, s'exerce alors sur la partie mobile 16 et tend à la placer dans une position d'équilibre magnétique. Suivant le sens de circulation des courants dans les différentes bobines 24, 34, 25, 35, 26, 36, on peut piloter le sens et l'intensité de la force résultante globale appliquée à la partie mobile 16 et donc le déplacement de la partie mobile 16.

**[0066]** Ainsi, lorsque le courant circulant dans les bobines 24, 34 associées aux dents supérieures 21, 31, selon la figure 5, dans le sens trigonométrique, le courant circule dans les bobines 25, 35 associées aux dents inférieures 22, 32 également dans le sens trigonométrique comme expliqué précédemment, et dans les bobines 25, 35 associées aux dents médianes 23, 33 dans le sens non trigonométrique, la partie mobile 16 a tendance à être attirée jusqu'à sa position extrême basse. Pour changer le sens des forces développées dans la partie mobile 16, il suffit d'inverser le sens de circulation du courant dans les bobines associées aux dents supérieures 21, 31 et inférieures 22, 32 et médianes 23, 33.

**[0067]** La présence d'épanouissements 21B, 31B,

22B, 32B, 23B, 33B, permet au flux magnétique d'occuper une plus grande partie de l'entrefer 17 lorsque les bobines 24, 34, 25, 35, 26, 36 sont traversées par un courant.

[0068] Il est possible, avec le dispositif selon l'invention selon la deuxième variante, de moduler la force globale exercée sur la partie mobile, et par conséquent sur la soupape, de façon à créer une accélération positive de la soupape, ou bien une accélération négative pour la freiner. Il est possible de moduler l'amplitude de la force globale s'appliquant sur la partie mobile et en inverser le sens à tout moment. Il est en outre possible de bloquer la partie mobile à n'importe quelle position de sa course.

[0069] De même, le blocage de partie mobile dans une position intermédiaire peut être assuré par l'asservissement du courant dans les bobines. Une première phase de freinage est alors nécessaire pour arrêter la partie mobile à la position voulue. Ensuite, une petite quantité d'énergie suffit pour maintenir la partie mobile dans cette position.

[0070] Le dispositif selon l'invention dans la deuxième variante de réalisation peut comporter un capteur de position transmettant aux moyens de pilotage du courant alimentant les bobines, un signal représentatif de la position de la partie mobile. Ainsi, le dispositif peut-il fonctionner en boucle d'asservissement fermée afin de contrôler en temps réel la position de la soupape.

[0071] La présente invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et illustré qui n'a été donné qu'à titre d'exemple. Au contraire, l'invention comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci sont effectuées suivant son esprit.

## Revendications

1. Dispositif d'entraînement linéaire (10, 110) selon un axe de déplacement A, notamment pour l'entraînement d'une soupape d'un moteur à combustion interne, du type comportant une partie fixe (15, 115) délimitant au moins une zone de passage dans laquelle une partie mobile (116) est guidée en coulissement depuis une position extrême haute vers une position extrême basse, **caractérisé en ce que** la partie mobile (16, 116) comporte au moins un aimant permanent, l'axe d'attraction magnétique dudit aimant permanent étant sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, et **en ce que** la partie fixe (15, 115) comporte au moins deux modules d'entraînement (20, 120, 30, 130) pouvant créer chacun un champ magnétique d'intensité variable selon une direction sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A dans au moins une partie de la zone de passage, ladite partie mobile (16, 116) étant adaptée pour coulisser dans la zone de passage sous l'action d'une force magnétique, d'attraction ou de répulsion, issue de l'interaction entre le champ magnétique créé par l'aimant permanent, et les champs magnétiques créés par les modules d'entraînement (20, 120, 30, 130), ladite force ayant sensiblement comme direction l'axe de déplacement A, son sens et son amplitude dépendant des sens et amplitudes des champs magnétiques créés par les modules d'entraînement (20, 120, 30, 130).
2. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la partie mobile (116) comprend un unique aimant permanent, dont l'axe d'attraction magnétique est sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A.
3. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les modules d'entraînement (120, 130) sont agencés, selon l'axe de déplacement A, sur et sous la zone de passage.
4. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** chaque module d'entraînement (120, 130) comporte un conducteur de champ (121, 131), constitué d'un matériau ferromagnétique, et au moins une bobine électrique (123, 133).
5. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**au moins un conducteur de champ (121, 131) présente une section droite comportant une base rectangulaire (127, 137), aux deux bords opposés de laquelle s'étendent deux bras, chaque bras comprenant une première partie trapézoïdale (128A, 129A, 138A, 139A) qui s'étend sensiblement perpendiculairement à la base (127, 137) et une seconde partie (128B, 129B, 138B, 139B) sensiblement en forme de parallélogramme qui est inclinée par rapport à la première partie (128A, 129A, 138A, 139A), une bobine électrique (123, 133) venant entourer la base (127, 137) du conducteur de champ (121, 131).
6. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les deux secondes parties inclinées (128B, 129B, 138B, 139B) de chaque conducteur de champ (121, 131) s'étendent l'une vers l'autre, et présentent à leur extrémité libre une surface (125, 126, 135, 136), les deux surfaces (125, 126, 135, 136) des deux parties inclinées (128B, 129B, 138B, 139B) étant agencées sensiblement en vis-à-vis de façon à former un entrefer (122, 132).
7. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'**en position extrême haute, la partie mobile (116) occupe la ma-

- jeure partie de l'entrefer (122) de l'un des conducteurs de champ (121), et **en ce qu'en** position extrême basse, elle occupe la majeure partie de l'entrefer (132) de l'autre conducteur de champ (131).
8. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon les revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** les conducteurs de champ (121, 131) sont des profilés.
9. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon les revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** l'axe de déplacement A est axe de symétrie de révolution de chaque conducteur de champ (121, 131).
10. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la partie mobile (116) est un cylindre creux d'axe l'axe de déplacement A, relié à une tige (140) d'axe l'axe de déplacement A par au moins un bras (143).
11. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon l'une quelconques des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la réluctance entre les conducteurs de champ (121, 131) est faible devant la réluctance de chaque entrefer (122, 132).
12. Dispositif d'entraînement linéaire (110) selon l'une quelconques des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les modules d'entraînement (120, 130) présentent une dissymétrie de structure, de façon à ce qu'en l'absence de champs magnétiques créés par les modules d'entraînement (120, 130), la force résultante s'appliquant sur la partie mobile (116), issue de l'interaction entre le champ magnétique créé par la partie mobile (116) et la structure des modules d'entraînement (120, 130), tend à déplacer la partie mobile (116) toujours vers la même position extrême parmi les positions extrêmes haute ou basse.
13. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la partie mobile (16) comprend au moins deux aimants permanents (40,41,42,43), superposés suivant l'axe de déplacement A, d'axe d'attraction magnétique sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A et de polarité inversée.
14. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** la partie mobile (16) comporte quatre aimants permanents (40,41,42,43), superposés suivant l'axe de déplacement A, d'axe d'attraction magnétique sensiblement perpendiculaire à l'axe de déplacement A, la polarité d'un aimant (40,41,42,43) étant inversée par rapport à celle du ou des aimants adjacents (40,41,42,43).
15. Dispositif d'entraînement linéaire selon l'une des revendications 1, 13 ou 14, **caractérisé en ce que** les modules d'entraînement (20,30) sont agencés en vis-à-vis de chaque côté de la zone de passage (17).
16. Dispositif d'entraînement linéaire selon l'une des revendications 1 ou 13 à 15, **caractérisé en ce que** chaque module d'entraînement (20,30) comporte un conducteur de champ (21,31), constitué d'un matériau ferromagnétique, et au moins une bobine électrique (24,34,25,35,26,36).
17. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** le conducteur de champ (21,31) a une section droite présentant une base (27,37) depuis laquelle s'étendent trois dents (21,31,22,32,23,33), des premières et deuxième dents (21,31,22,32) à deux bords opposés de la base (27,37), et une troisième dent (23,33) sensiblement à équidistance des première et deuxième dents (21,31,22,32), une bobine électrique (24,34,25,35,26,36) étant associée à chaque dent (21,31,22,32,23,33).
18. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** chaque dent (21,31,22,32,23,33) s'évase à son extrémité libre.
19. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** les modules d'entraînement (20,30) sont agencés de façon à ce que les évasements des extrémités libres de chaque dent (21,31,22,32,23,33) soient en vis-à-vis.
20. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon l'une des revendications 17 à 19, **caractérisé en ce que** chaque dent (21, 31, 22, 32, 23, 33) comporte une partie parallélépipédique (21A, 31A, 22A, 32A, 23A, 33A), la dimension, selon l'axe de déplacement A, de la partie parallélépipédique (23A,33A) de la troisième dent (33) étant sensiblement le double des dimensions, selon l'axe de déplacement A, des parties parallélépipédiques (21A,31A,22A,32A) des première et deuxième dents (21,31,22,32).
21. Dispositif d'entraînement linéaire (10) selon les revendications 14 et 16, **caractérisé en ce que** les dimensions, selon l'axe de déplacement A, des conducteurs de champ (21,31) sont sensiblement égales, et **en ce que** chaque aimant (40,41,42,43) se présente sous la forme d'un parallélépipède, les hauteurs, selon l'axe de déplacement A, des deux aimants permanents (40,41) situés au centre de la superposition des aimants permanents (40,41,42,43) étant sensiblement égales à la moitié desdites dimensions, selon l'axe de déplacement A, des conducteurs de champ (21,31), tandis que les



dimensions, selon l'axe de déplacement A, des aimants permanents (42,43) situés aux positions extrêmes de superposition des aimants permanents (40,41,42,43) étant sensiblement égales à la course de la partie mobile (16) entre la position extrême haute et la position extrême basse. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

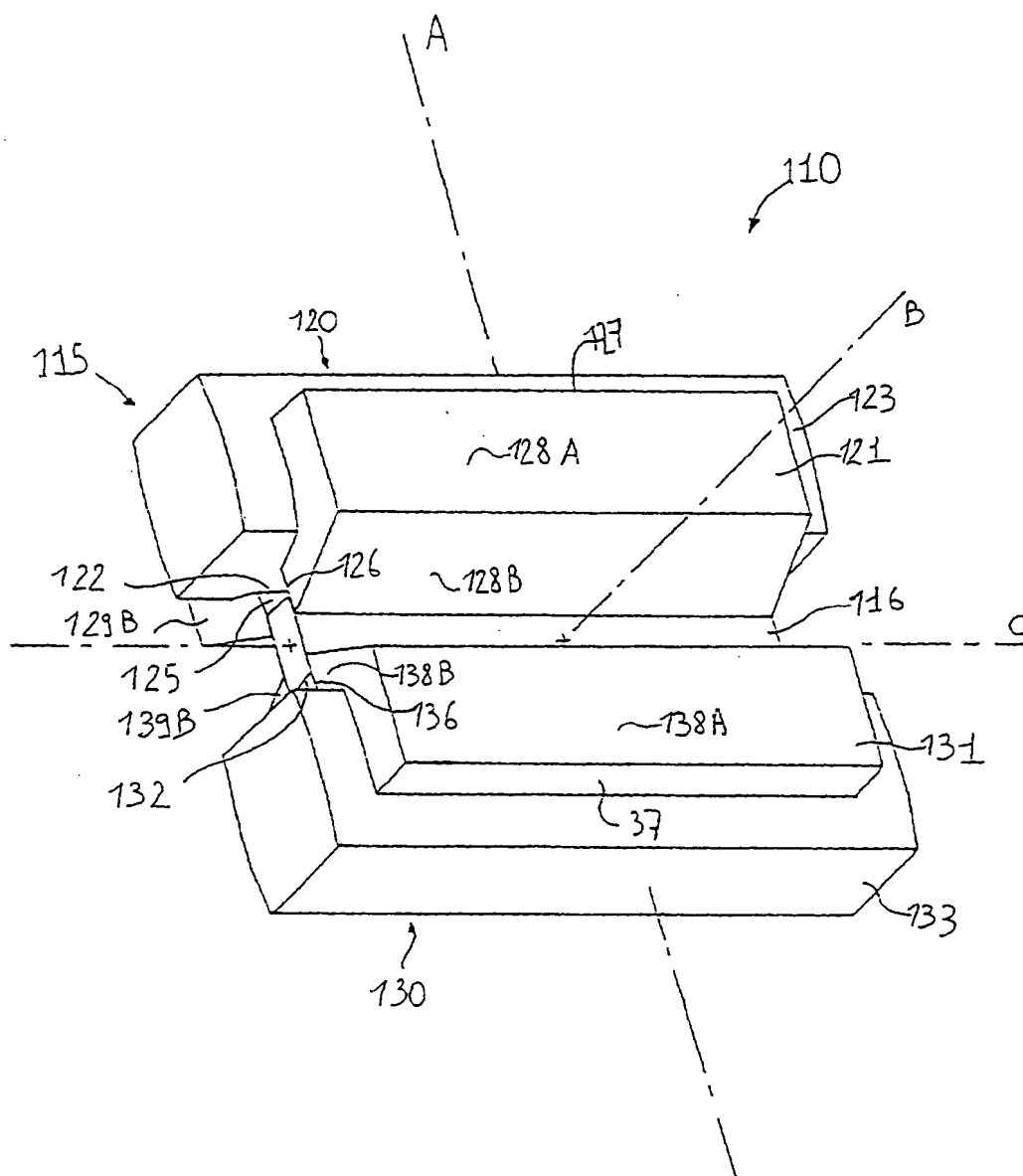


FIG. 1

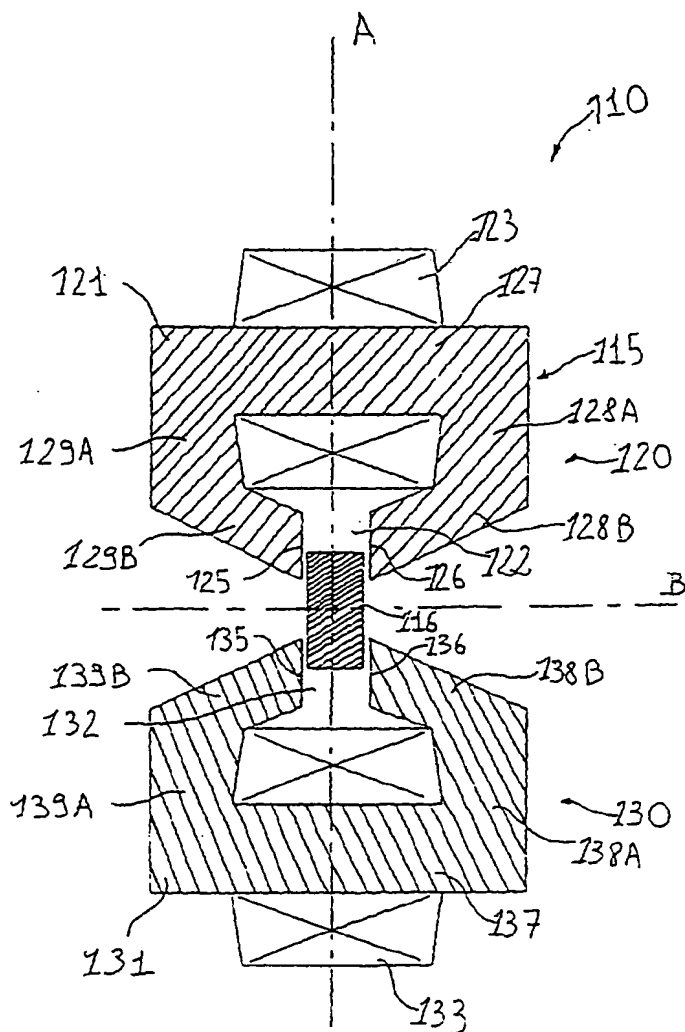


FIG.2

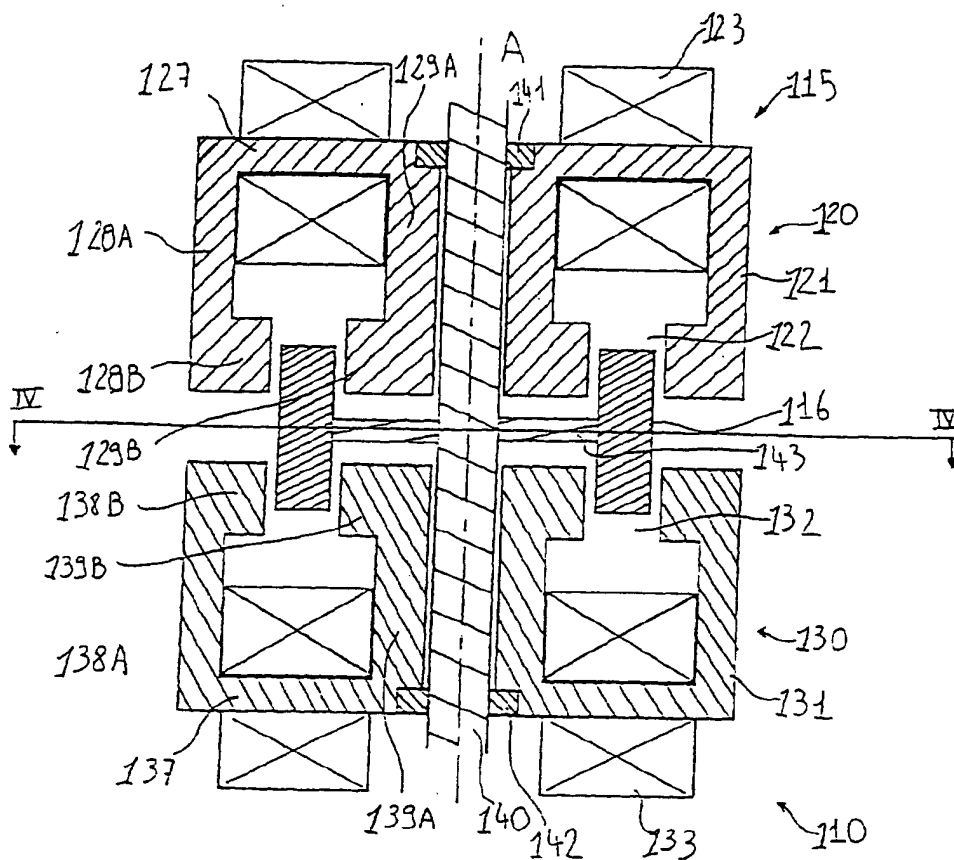


FIG. 3

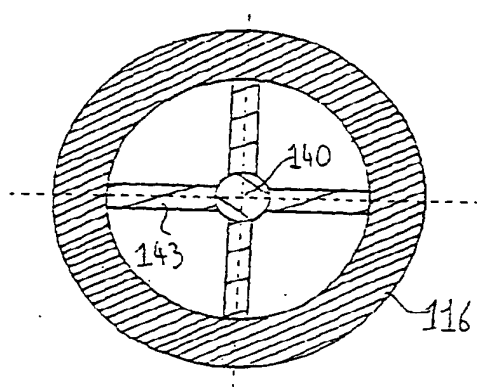


FIG. 4

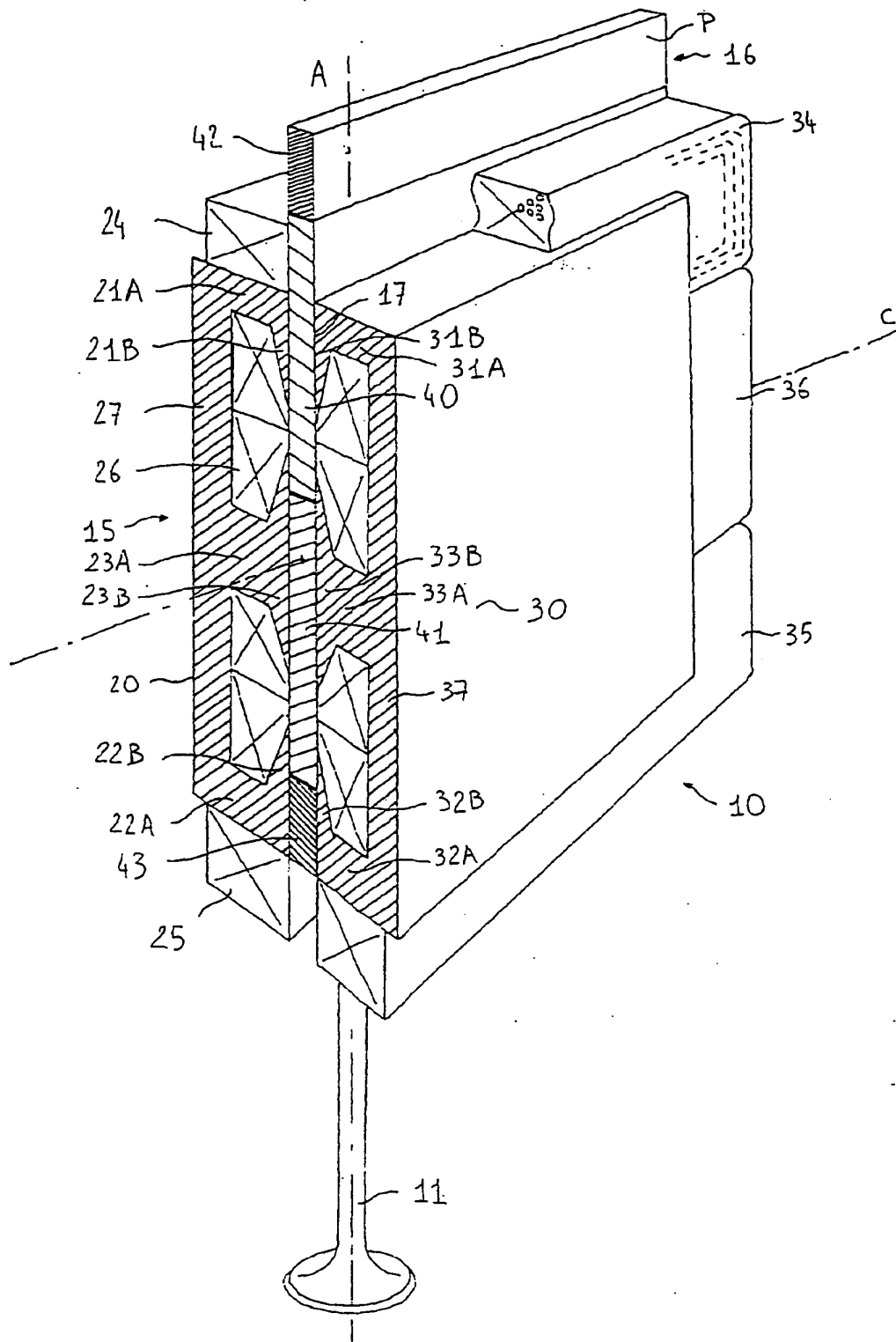


FIG. 5

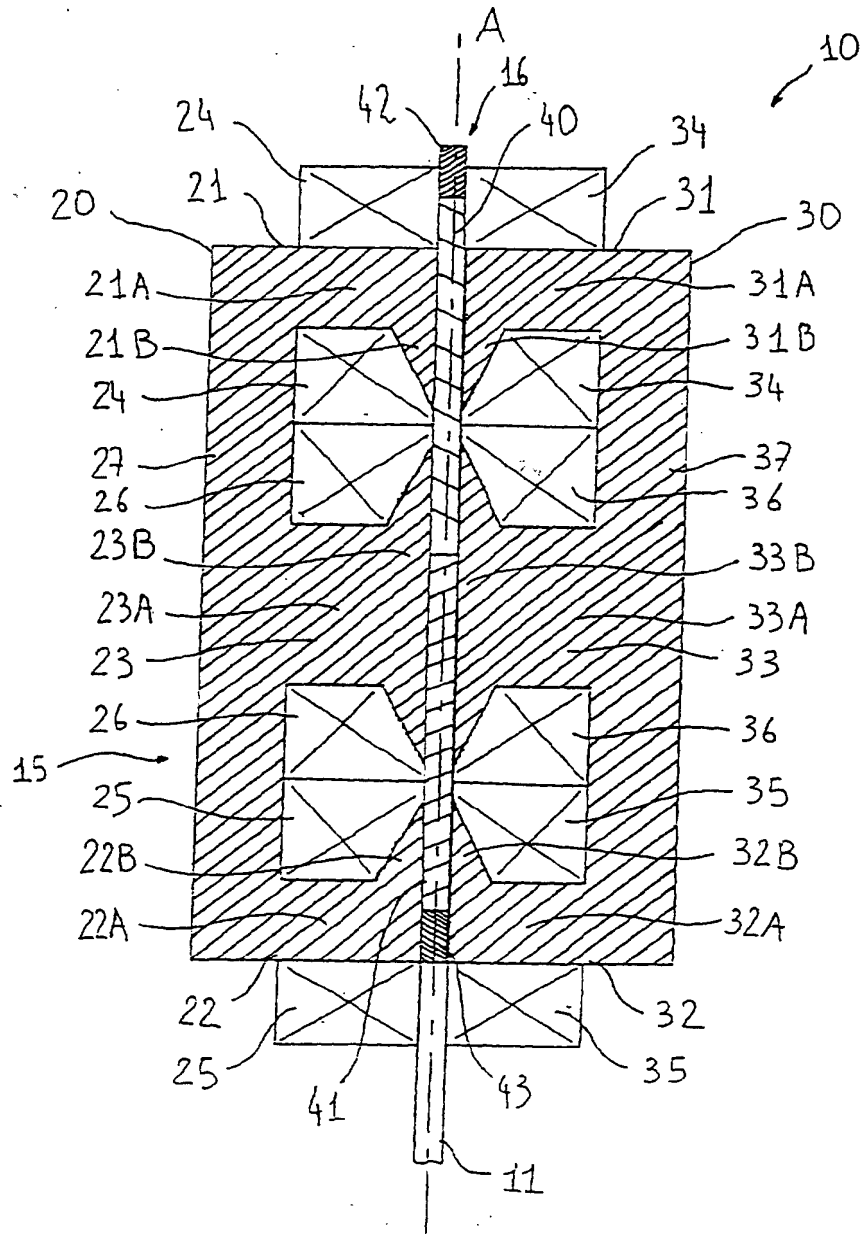


FIG 6



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 01 40 3274

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
X	DE 197 14 413 A (BRAUNEWELL MARKUS) 15 octobre 1998 (1998-10-15) * figure 6 *	1-7, 9, 11, 15, 16	F01L9/04 H01F7/16
X	DE 198 16 607 A (HUELSHOFF HARTMUT) 21 octobre 1999 (1999-10-21) * colonne 6, ligne 20 - ligne 59 *	1, 13-16	
A		21	
A	WO 93 07673 A (MOVING MAGNET TECH) 15 avril 1993 (1993-04-15) * page 5, ligne 18 - page 8, ligne 19; figure 4 *	1, 10, 13, 15, 17-21	
A	WO 98 42960 A (LEIBER HEINZ KARL ; LSP INNOVATIVE AUTOMOTIVE SYST (DE)) 1 octobre 1998 (1998-10-01) * figures 5, 6 *	12	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 03, 30 mars 2000 (2000-03-30) & JP 11 341778 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD), 10 décembre 1999 (1999-12-10) * abrégé *		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)  H01F F01L
A	WO 98 42958 A (LEIBER HEINZ KARL ; LSP INNOVATIVE AUTOMOTIVE SYST (DE)) 1 octobre 1998 (1998-10-01)		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>21 mars 2002</b>	Examineur <b>Vanhulle, R</b>
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date L : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

REST AVAILABLE COPY

# BEST AVAILABLE COPY

## EP 1 215 370 A1

### ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 01 40 3274

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

21-03-2002

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19714413 A	15-10-1998	DE 19714413 A1	15-10-1998
		WO 9842958 A1	01-10-1998
		WO 9842959 A1	01-10-1998
		EP 0970296 A1	12-01-2000
DE 19816607 A	21-10-1999	DE 19816607 A1	21-10-1999
		BR 9909612 A	19-12-2000
		CN 1293725 T	02-05-2001
		WO 9953127 A1	21-10-1999
		EP 1071840 A1	31-01-2001
		TR 200002991 T2	22-01-2001
		US 6354233 B1	12-03-2002
WO 9307673 A	15-04-1993	FR 2682542 A1	16-04-1993
		DE 69209308 D1	25-04-1996
		DE 69209308 T2	21-11-1996
		EP 0607354 A1	27-07-1994
		WO 9307673 A1	15-04-1993
		JP 7502877 T	23-03-1995
		US 5559378 A	24-09-1996
WO 9842960 A	01-10-1998	DE 19712063 A1	01-10-1998
		DE 19714412 A1	15-10-1998
		DE 19717405 A1	29-10-1998
		DE 19730191 A1	21-01-1999
		WO 9842958 A1	01-10-1998
		WO 9842960 A1	01-10-1998
		EP 0970298 A1	12-01-2000
JP 11341778 A	10-12-1999	AUCUN	
WO 9842958 A	01-10-1998	DE 19712064 A1	01-10-1998
		DE 19712055 A1	01-10-1998
		DE 19712063 A1	01-10-1998
		DE 19712060 A1	01-10-1998
		DE 19712056 A1	01-10-1998
		DE 19712059 A1	01-10-1998
		DE 19714412 A1	15-10-1998
		DE 19714413 A1	15-10-1998
		DE 19717405 A1	29-10-1998
		DE 19730191 A1	21-01-1999
		DE 19741568 A1	25-03-1999
		DE 19741571 A1	25-03-1999
		WO 9842958 A1	01-10-1998
		WO 9842959 A1	01-10-1998
		EP 0970296 A1	12-01-2000

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No. 12/82



**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 01 40 3274

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

21-03-2002

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9842958 A	DE	59800892 D1	26-07-2001
	WO	9842957 A1	01-10-1998
	EP	0970295 A1	12-01-2000
	US	6262498 B1	17-07-2001
	WO	9842960 A1	01-10-1998
	EP	0970298 A1	12-01-2000
	WO	9842953 A1	01-10-1998
	WO	9842954 A1	01-10-1998
	EP	0970294 A1	12-01-2000
	JP	2001526754 T	18-12-2001
-----			

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No. 12/82

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**